

MESURE DE LA CHARGE TOPOLOGIQUE D'UN FAISCEAU TWISTÉ À L'AIDE D'UNE ROUE AJOURÉE

O. Emile¹, J. Emile², B. Varis De Leseigno³, L. Pruvost³, C. Brousseau⁴

¹ Université de Rennes 1, 35042 Rennes Cedex, France.

² IPR, UMR 6251, CNRS, Université de Rennes 1, 35042 Rennes Cedex, France.

³ Laboratoire Aimé Cotton, UMR 9188, CNRS, Univ. Paris-Sud, ENS-Cachan, 91405, Orsay, France.

⁴ IETR, UMR 6164, CNRS, Université de Rennes 1, 35042 Rennes Cedex, France.

olivier.emile@univ-rennes1.fr

RÉSUMÉ

Nous présentons une nouvelle méthode pour mesurer la charge topologique d'un faisceau twisté. Nous utilisons une roue percée de trous sur sa périphérie et régulièrement espacés. La forme de la figure de diffraction, liée au nombre de trous, permet d'identifier l'ordre du faisceau. Cette technique est bien adaptée pour mesurer des charges topologiques élevées.

MOTS-CLEFS : *Faisceaux twistés ; faisceaux de Laguerre Gauss ; charge topologique*

1. INTRODUCTION

Les faisceaux twistés constituent une nouvelle variété de faisceaux lumineux, solutions de l'équation de propagation, dont la phase varie dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation [1]. Cette variation est un multiple entier ℓ de 2π , ℓ étant appelé charge topologique. Ces faisceaux ont des applications en télécommunications [2], ou en intrication quantique [3] par exemple. Cependant la détermination de ℓ , surtout pour des grandes valeurs, reste problématique. Nous montrons ici que l'on peut mesurer cette charge en utilisant des roues percées avec des trous régulièrement espacés sur la circonférence.

2. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental est présenté sur la figure 1. Une lame de phase spirale [4] transforme le mode fondamental d'un faisceau laser hélium néon en un faisceau de Laguerre Gauss d'ordre ℓ , ℓ pouvant varier de 1 à 8. Ce faisceau rencontre ensuite une lame percée de p trous régulièrement espacés sur un cercle. Chacun de ces trous va diffracter la lumière. La figure de diffraction est observée à l'œil nu sur un écran.

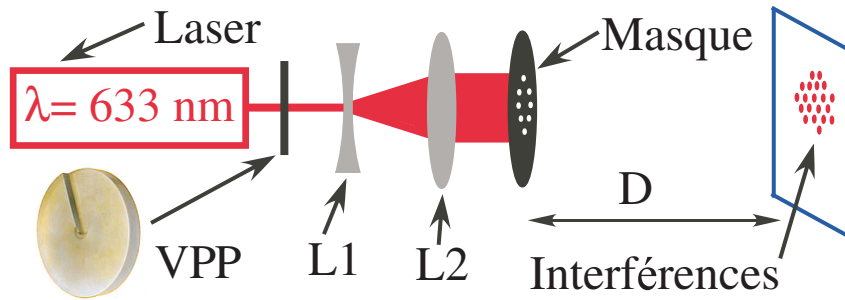


FIGURE 1 : Dispositif expérimental. VPP : lame de phase spirale, L1 et L2 lentilles.

La phase ϕ du faisceau s'écrit $\phi = \ell\theta$ où θ est l'angle polaire usuel. Lorsque p est un sous multiple de ℓ , la phase du faisceau incident est la même sur chaque trou (à 2π près). Au centre, sur l'axe du masque, tous les faisceaux diffractés vont interférer constructivement. Cela aboutit alors à un spot lumineux sur l'axe. Si par contre, p n'est pas un sous multiple de ℓ , les phases sont différentes, les faisceaux diffractés

interfèrent destructivement. Cela conduit à un spot noir sur l'axe. Cette situation est équivalente à la situation rencontrée pour le spot d'Arago-Poisson pour des faisceaux twistés [5].

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET DISCUSSION

On peut montrer que la figure de diffraction est équivalente à celle obtenue pour le même nombre de trous p sur le masque avec une charge topologique égale au reste de la division de valeur de ℓ par p , voir figure 2. Ainsi, lorsque la division de ℓ par p est un entier, le faisceau est équivalent à une onde plane. On a alors, comme attendu, un point brillant au centre alors qu'il est noir dans tous les autres cas.

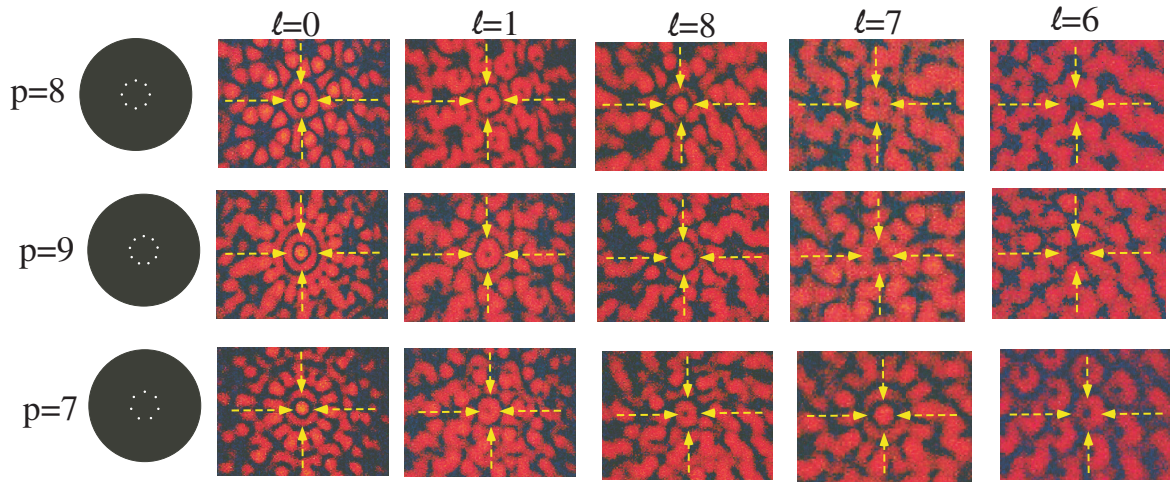


FIGURE 2 : Figures d'interférence pour plusieurs charges topologiques ℓ et différents masques comportant p trous.

On peut déterminer la charge topologique d'un faisceau twisté en utilisant une série de masques. Il suffit de trouver les masques donnant un spot brillant au centre. Une roue trouée a déjà été utilisée pour mesurer cette charge [6]. Cela utilisait un algorithme, alors qu'ici la mesure est rapide et directe.

CONCLUSION

Nous avons montré que l'on pouvait utiliser des roues percées de trous régulièrement espacés pour déterminer la charge topologique d'un faisceau twisté. A l'inverse il est possible de trier plusieurs faisceaux twistés en utilisant de tels masques. Cette méthode, peu coûteuse et facile à mettre en place, pourrait trouver des applications directes en télécommunications ou en intrication quantique qui utilisent des faisceaux twistés de charge topologique élevée.

RÉFÉRENCES

- [1] L. Allen, M. W. Beijersbergen, R. J. C. Spreeuw, and J. P. Woerdman, "Orbital angular momentum of light and the transformation of Laguerre-Gaussian laser modes" *Phys. Rev. A*, vol. 45, pp. 8185–8189, 1992.
- [2] J. Wang, et al., "Terabit free-space data transmission employing orbital angular momentum multiplexing" *Nat. Photon.*, vol. 6, pp. 488–496, 2012.
- [3] J. Leach, et al., "Terabit free-space data transmission employing orbital angular momentum multiplexing" *Science* vol. 329, pp. 662–665, 2010.
- [4] M.W. Beijersbergen, R.P.C. Coerwinkel, M. Kristensen, and J.P. Woerdman, "Helical-wavefront laser beams produced with a spiral phaseplate". *Opt. Comm.* vol. 112, pp. 321–327, 1994.
- [5] O. Emile, A. Voisin, R. Niemiec, B. Viaris de Lesegno, L. Pruvost, G. Ropars, J. Emile, C. Brousseau, "Dark zone in the centre of the Arago-Poisson diffraction spot of a helical laser beam." *EPL* vol. 101, pp. 54005, 2013.
- [6] G.C.G. Berkhout and M.W. Beijersbergen, "Using a multipoint interferometer to measure the orbital angular momentum of light in astrophysics" *J. Opt. A* vol.11, 094021, 2009.